

Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava

Fakulta metalurgie a materiálového inženýrství

Bakalářská práce

Optimalizace procesu přípravy vsázky v hutních provozech

Optimization of the Preparation Process of the Charge in Metallurgical
Operations

2012

Marek Jachnicki

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Petr Besta, Ph.D.

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta metalurgie a materiálového inženýrství
Katedra ekonomiky a managementu v metalurgii

Zadání bakalářské práce

Student: **Marek Jachnicki**

Studijní program: B3922 Ekonomika a řízení průmyslových systémů

Studijní obor: 6208R123 Ekonomika a management v průmyslu

Téma: **Optimalizace procesu přípravy vsázky v hutních provozech**
Optimization of the Preparation Process of the Charge in Metallurgical Operations

Zásady pro vypracování:

Analýzujte současné teoretické přístupy k optimalizaci přípravy vsázky v hutních pochodech.
Analýzujte technologické vlivy působící na složení aglomerátu v provozních podmínkách.
Navrhněte potenciální opatření na zvýšení kvality aglomerátu v podmínkách hutních provozů.

Seznam doporučené odborné literatury:

Brandt D. A., Warner J. C. Metallurgy fundamentals. Pennsylvania: Goodheart-Willcox, 2005.
Keřkovský M. Moderní přístupy k řízení výroby. Praha: C. H. Beck, 2009.
Štůsek J. Řízení provozu v logistických řetězcích. Praha: C. H. Beck, 2007.


Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Petr Besta, Ph.D.**

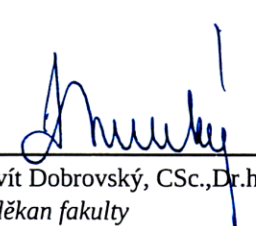
Datum zadání: 30.11.2011

Datum odevzdání: 30.04.2012





doc. Ing. Radim Lenort, Ph.D.
vedoucí katedry



prof. Ing. Ludovít Dobrovský, CSc., Dr.h.c.
děkan fakulty

Zásady pro vypracování bakalářské práce

I.

Bakalářskou prací (dále jen BP) se ověřují vědomosti a dovednosti, které student získal během studia, a jeho schopnosti využívat je při řešení teoretických i praktických problémů.

II.

Uspořádání bakalářské práce:

- | | |
|--|------------------------------|
| 1. Titulní list | 5. Obsah BP |
| 2. Zásady pro vypracování BP | 6. Textová část BP |
| 3. Prohlášení + místopřísežné prohlášení | 7. Seznam použité literatury |
| 4. Abstrakt + klíčová slova česky a anglicky | 8. Přílohy |

ad 1) Titulním listem je originál zadání BP, který student obdrží na své oborové katedře.

ad 2) Tyto „Zásady pro vypracování bakalářské práce“ následují za titulním listem.

ad 3) Prohlášení + místopřísežné prohlášení napsané na zvláštním listě (student jej obdrží na své oborové katedře) a vlastnoručně podepsané studentem s uvedením data odevzdání BP. V případě, že BP vychází ze spolupráce s jinými právníckými a fyzickými osobami a obsahuje citlivé údaje, je na zvláštním listě vloženo prohlášení spolupracující právnické nebo fyzické osoby o souhlasu se zveřejněním BP.

ad 4) Abstrakt a klíčová slova jsou uvedena na zvláštním listě česky a anglicky v rozsahu max. 1 strany pro obě jazykové verze.

ad 5) Obsah BP se uvádí na zvláštním listě. Zahrnuje názvy všech očíslovaných kapitol, podkapitol a statí textové části BP, odkaz na seznam příloh a seznam použité literatury, s uvedením příslušné stránky. Předpokládá se desetinné číslování.

ad 6) Textová část BP obvykle zahrnuje:

- Úvod, obsahující charakteristiku řešeného problému a cíle jeho řešení v souladu se zadáním BP;
- Vlastní rozpracování BP (včetně obrázků, tabulek, výpočtů) s dílčími závěry, vhodně členěné do kapitol a podkapitol podle povahy problému;
- Závěr, obsahující celkové hodnocení výsledků BP z hlediska stanoveného zadání.

BP nemusí obsahovat experimentální (aplikační) část.

BP bude zpracována v rozsahu min. 25 stran (včetně obsahu a seznamu použité literatury).

Text musí být napsán vhodným textovým editorem počítače po jedné straně bílého nelesklého papíru formátu A4 při respektování následující **doporučené** úpravy - písmo Times New Roman (nebo podobné) 12b; řádkování 1,5; okraje – horní, dolní – 2,5 cm, levý – 3 cm, pravý 2 cm. Fotografie, schémata, obrázky, tabulky musí být očíslovány a musí na

ně být v textu poukázáno. Budou zařazeny průběžně v textu, pouze je-li to nezbytně nutné, jako přílohy (viz ad 8).

Odborná terminologie práce musí odpovídat platným normám. Všechny výpočty musí být přehledně uspořádány tak, aby každý odborník byl schopen přezkoušet jejich správnost.

U vzorců, údajů a hodnot převzatých z odborné literatury nebo z praxe musí být uveden jejich pramen - u literatury citován číselným odkazem (v hranatých závorkách) na seznam použité literatury.

Nedostatky ve způsobu vyjadřování, nedostatky gramatické, neopravené chyby v textu mohou snížit klasifikaci práce.

ad 7) BP bude obsahovat alespoň 10 literárních odkazů, z toho nejméně 3 v některém ze světových jazyků.

Seznam použité literatury se píše na zvláštním listě. **Citaci literatury je nutno uvádět důsledně v souladu s ČSN ISO 690.** Na práce uvedené v seznamu použité literatury musí být uveden odkaz v textu BP.

ad 8) Přílohy budou obsahovat jen ty části (speciální výpočty, zdrojové texty programů aj.), které nelze vhodně včlenit do vlastní textové části, např. z důvodu ztráty srozumitelnosti.

III.

Bakalářskou práci student odevzdá ve dvou knihařsky svázaných vyhotoveních, pokud katedra garantující studijní obor neurčí jiný počet. Vnější desky budou označeny takto:

nahoře: *Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava*
Fakulta metalurgie a materiálového inženýrství
Katedra

uprostřed: *BAKALÁŘSKÁ PRÁCE*

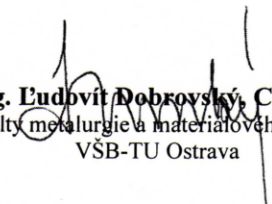
dole: *Rok* *Jméno a příjmení*

Kromě těchto dvou knihařsky svázaných výtisků odevzdá student kompletní práci také v elektronické formě do IS EDISON. Práce vložená v elektronické formě do IS EDISON se musí zcela shodovat s prací odevzdanou v tištěné formě.

IV.

Bakalářská práce, která neodpovídá těmto zásadám, nemůže být přijata k obhajobě. Tyto zásady jsou závazné pro studenty všech studijních programů a forem bakalářského studia fakulty metalurgie a materiálového inženýrství Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ostrava od akademického roku 2011/2012.

Ostrava 30. 11. 2011


Prof. Ing. Ludvík Dobrovský, CSc., Dr.h.c.
děkan fakulty metalurgie a materiálového inženýrství
VŠB-TU Ostrava

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména §35 - užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 - školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB - TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB - TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB - TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo - bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB - TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB - TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním podle zákona č. 111/1998Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (Zákon o vysokých školách) bez ohledu na výsledek její obhajoby.
- Místopřísežně prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci vypracoval samostatně.

V Ostravě

30.4.2012

Gachnicki Marek

jméno a příjmení studenta

Dolní Lomná 246

adresa trvalého pobytu studenta

Chci poděkovat svému konzultantovi Ing. Z. Kantorovi za cenné rady, připomínky a konzultace při zpracovávání této bakalářské práce.

ABSTRAKT

Hutní podniky patří k průmyslovým podnikům s nejdelší tradicí hutní výroby v České republice.

Vstupním materiálem jsou prachové rudy dovážené z Ruska a Ukrajiny, dále dolomit, vápenec, koks, železný šrot a odpady vznikající v procesu výroby oceli.

Produktová řada je určena pro zákazníky po celém světě a tvoří kolejnice, profily, válcovaný drát a betonářská ocel.

Bakalářská práce popisuje výrobu aglomerátu jako vstupní materiál pro vysoké pece a problémy při jeho výrobě.

Klíčová slova

Agglomerace, aglomerát, hutní výroba, homogenizace, spékací pás

ABSTRACT

Ironwork companies belongs to the industrial companies with the longest tradition of iron and steel making in the Czech Republic.

Product range is determined for customer all over the World and consist of rails, sections, wire rod and reinforcing bars.

The input material comprises powder iron ore imported mainly from Russia and Ukraine, dolomitic limestone and coke, scarp as well as wastes produced in the process of steelmaking.

The thesis describes the production of sinter like input material for blast furnaces and problems during his produce.

Keywords

Sinter plant, sinter, metallurgical production, homogenization, sinter belt

Obsah

1. Úvod	9
2. Charakteristika a užití rud k výrobě železa	11
3. Surovinové zdroje ČR	12
4. Světová výroba oceli	13
5. Identifikace podniku	14
6. Technologie výroby surového železa použitá v TŽ, a.s. Třinec	16
7. Úprava rud před zpracováním	18
7.1 Peletizace	18
8. Rudná vsázka	19
8.1 Aglomerační rudiště	19
8.2 Vysokopecní rudiště	20
9. Aglomerace	21
9.1 Schéma aglomerace	22
9.2 Účel spékacího procesu	22
9.3 Popis zařízení	23
9.4 Příprava aglomerační směsi	24
9.6 Procesy probíhající při spékání	25
9.7 Zóny ve spékané vrstvě	26
9.8 Úprava a transport aglomerátu	27
9.9 Zpracování odprašků	27
9.9.1 Odprašení spalin	27
9.9.2 Odprašení uzlů	28
10. Výklopníky č. 3 – 4, výklopníky č. 5 – 8	29
11. Zásobníky vysokopecního rudiště (tzv. depa)	30
11.1 Odsun aglomerátu na VP	30
12. Rozmrazovna rud	31
13. Polní sklady – Baliny	32
14. Výrobní kapacity	33
15. Surovinová základna TŽ	34
16. Některé problémy při výrobě aglomerátu	35
16.1 Nedostatečné míchání směsi podávané na spékací pás	35
16.2 Možnosti ve vzorkování aglosměsi	36
16.3 Dávkování materiálu na spékací pás	37
16.4 Přesnost namíchání jednotlivých složek	37
16.5 Recirkulace odpadních plynů	38
16.6 Intenzifikace aglomeračního procesu vápnem	38
17. Závěr	40
18. Použité zdroje	41

1. Úvod

Železo se v historii získávalo nejprve náhodnými nálezy železitých meteoritů (viz obr. 1), v pozdější době přímou výrobou ze železných rud. Nálezy nejstarších kovových předmětů na území Evropy jsou datovány do přelomu 4. a 5. tisíciletí p.n.l.

Asi před dvanácti tisíci roky se, pravděpodobně náhodou, seznámil pravěký člověk s novým vynikajícím materiálem - kovem. Ukázalo se, že tato znalost podstatným způsobem ovlivnila rozvoj lidské civilizace jako celku. Kov na jedné straně pomáhal obstarávat obživu, na druhé straně se stal zdrojem strachu. Národy, které nejlépe zvládly mistrovství tavení a zpracování kovů, si velmi často podrobovaly jiné národy a ovládali rozsáhlá území. Příkladem mohou být Keltové, kteří na dlouhou dobu ovládli většinu Evropy díky svým vynikajícím poznatkům v metalurgii železa.

Po kvalitativním poklesu v germánském období, na našem území na úroveň keltské metalurgie železa dosáhli až Slované ve Velkomoravské říši.

Hutnictví píše svou historii od doby, kdy se pravěký člověk naučil tavit z rudy kov. Výroba železa prošla svým historickým vývojem. Začátek výroby je charakterizován přímou redukcí železné rudy v jednoduchých jámách vyhloubených do země, nebo v malých nadzemních topidlech, které využívaly přímý tah větru. Princip výroby spočíval v tom, že do tavicí jámy se střídavě ukládaly vrstvy dřevěného uhlí a lehkotavitelné železné rudy. Oheň se udržoval, dokud se železná ruda nevyredukovala. Takto získané železo bylo ve formě železné houby, protože teplota nebyla dostatečná k roztavení železa.

První tavicí pece šachtového typu byly postaveny ve střední Evropě začátkem 14. století. Postupným zvětšování rozměrů šachty, zúžením tavného prostoru a nakonec otevřením nístěje pecí vznikly samotné vysoké pece. S rostoucí spotřebou železa a z rozvoje technických a energetických možností užitečný objem vysokých pecí vzrůstal. První zmínky o vysokých pecích jsou z roku 1692.

Tomuto období se také připisuje první krok k nepřímé výrobě železa. Nepřímá výroba vystřídala dosavadní přímou výrobu železa z rud. Přejít k nepřímé výrobě železa nebyl jednoduchým procesem. Probíhal v 18. století a byl ukončen až v prvních desetiletích 19. století.

Vysokopecní výroba železa získala převahu nad přímou redukcí kolem roku 1825. Železo, hlavní složka oceli a stále nejdůležitější kov na světě se převážně vyskytuje ve formě oxidů (v hematitu, limonitu a magnetitu) a siřníků (pyrit). Jako železná ruda se těží také siderit (uhličitan železnatý).

V současné době se železo získává téměř výhradně vysokopecním pochodem.

Chemická značka železa je Fe (latinsky Ferrum). Je to 26. prvek periodické tabulky. Je to tvrdý šedý kov s relativní atomovou hmotností 55,85 a hustotou 7,874 g/cm³. Bez ohledu na to, že se vyskytuje ve žhavém jádru Země, je železo čtvrtým nejvíce se vyskytujícím prvkem na naší planetě, přesto je ale zároveň nedostatkovým zbožím.

V přírodě se vyskytuje pouze ve formě sloučenin, z nich nejrozšířenější je magnetit a hematit. [10]

Současné světové zásoby železné rudy se odhadují asi na 77 mld. tun čistého kovu. Výroba surového železa se provádí ve vysoké peci redukcí železných rud uhlíkem. Surové železo je poměrně pevné a tvrdé, ale velmi křehké, takže se příliš nehodí k dalšímu mechanickému zpracování. Proto se železo dále zpracovává, nejčastěji jako ocel. [10]

Železné kovy jsou pro recyklaci ideální, neboť během procesu neztrácejí v podstatě žádné ze svých vlastností. Recyklace železa přináší 74% úsporu energie, 90% úsporu primární suroviny, 86% redukcí znečištění ovzduší, 40% úsporu vody, 76% redukcí znečištění vod a 97% redukcí odpadu z těžby. [1]

2. Charakteristika a užití rud k výrobě železa

Železné rudy jsou tvořeny převážně těmito minerály:

hematitem Fe_2O_3 (70 % Fe) (viz obr.2)

magnetitem Fe_3O_4 (72,4 % Fe) (viz obr.3)

limonitem $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ (48 – 63 % Fe) (viz obr.4)

sideritem FeCO_3 (48,3 % Fe) (viz obr.5)

méně je používán chamosit, (27 – 38 % Fe).

Železné rudy jsou používány hlavně pro výrobu surového železa, a to buď přímo v neupravené podobě jako kusové rudy nebo jako prachové rudy a koncentráty upravené aglomerací nebo peletizací. Některé moderní technologie výroby železa umožňují rovněž zpracování prachových rud a koncentrátů bez předchozího zkusování. Velmi malé množství železných rud se používá pro jiné než metalurgické účely - jako zatěžkávadla, při výrobě cementu, feritů, krmiv, barviv apod. [8]

3. Surovinové zdroje ČR

Ložiska železa byla v minulosti (vrchol v 19. a počátkem 20. století) ve velkém rozsahu těžena a poměrně nákladně upravována především jako vsázka pro výrobu surového železa. Magnetit byl ve značné míře (v 70. až 90. letech 20. století téměř výhradně) používán pro nemetalurgické účely jako například pro výrobu cementu a těžkých betonů, jako zatěžkávadlo v sazečkách uhelných úpraven aj.

V ČR nejsou žádná ekonomicky využitelná ložiska Fe rud. Rudy vyskytující se na území republiky jsou chudé, vesměs mají obsahy Fe pod 40 % a těžitelné jsou ve většině případů hlubinně.

V současnosti se ve světě většinou povrchově těží ložiska mnohem bohatších rud s obsahy Fe kolem 50 % i více. Dostupnost kvalitnějších a poměrně levnějších železných rud z dovozu vedla k postupnému zastavování těžby železných rud na území České republiky.

Zároveň byly postupně, jako zcela neekonomické, zásoby těchto rud vyřazovány, a od roku 2004 v ČR již žádná výhradní ložiska rud Fe evidována nejsou.

Sedimentární železné rudy ČR se nacházejí v Barrandienu. Je to geologicky významná oblast mezi Prahou a Plzní. Jsou tam paleozoické rudy mořského původu v sedimentech ordovického stáří. Mají převážně tvar poměrně rozsáhlých čoček. V rudách je zastoupen hlavně hematit, siderit a Fe-silikáty u kterých byla prováděna tepelná úprava hrudkováním. Obsah Fe dosahuje v průměru 25 až 30 %, charakteristický je a vysoký obsah SiO_2 .

Předmětem intenzivního dobývání na mnoha místech (např. Nučice, Ejpovice, Mníšek pod Brdy, Zdice atd.) byly hlavně v 19. a první polovině 20. století. [3]

Definitivní konec těžby těchto rud nastal počátkem 60. let 20. století a v průběhu let 1997 – 1999 byly zbylé zásoby všech sedimentárních ložisek Fe v ČR odepsány.

4. Světová výroba oceli

Existuje asi 2500 druhů ocelí, jen v roce 2010 jí bylo na světě vyrobeno 1414 mil. tun, z toho téměř 45 % v Číně. Těžba železných rud se zvyšuje již od 30. let tohoto století, kdy bylo těženo okolo 100 mil. t/r.

Odhady a reálná produkce a zásoby železné rudy v miliónech tun za rok 2010 [11]

Země	Produkce	Zásoby
Čína	900	23 000
Austrálie	420	24 000
Brazílie	370	29 000
Indie	260	7 000
Rusko	100	25 000
Ukrajina	72	30 000
Jižní Afrika	55	1 000
Irán	33	2 500
Kanada	35	6 300
USA	49	6 900
Švédsko	25	35 000
Kazachstán	22	8 300
Venezuela	16	4 000
Mauritánie	11	1 100
Ostatní země	50	11 000
Svět celkem	2400	180 000

5. Identifikace podniku Třinecké Železárny a.s.

Díky dostatku vodní energie, vody samotné, nalezištím železné rudy v okolí a velkým zásobám dřeva z nedalekých Beskyd byly založeny v roce 1839 Třinecké Železárny.

V roce 1842 byla první vysoká pec doplněna o slévárnu a o tři roky později zahájila svou činnost i smaltovna. Výroba surového železa vzrostla ze 774 tun v roce 1839 na 15 500 tun v roce 1873.

Zcela zásadní význam pro další rozvoj Třineckých železáren měla výstavba Košicko-Bohumínské dráhy. V roce 1873 začala pracovat nová vysoká pec, v následujícím roce druhá a poté byla započata stavba třetí vysoké pece.

Již v roce 1905 roční výroba surového železa vystoupala k hranici 70 760 tun, 71 401 tun surové oceli a 37 734 tun koksu. V té době se Třinecké železárny tak staly nejdůležitějším hutním podnikem na tomto území.

Evropský věhlas, který Třinecké železárny získaly, byl znám nejen díky prodeji TŽ Rakouské báňské společnosti ve Vídni, ale i klíčovou modernizací výrobního programu a technologických procesů.

Rozbití Československa v roce 1938 ovlivnilo i železárny.

„Díky“ Mnichovské dohodě se TŽ staly závodem na území Polska. Po přepadení Polska se TŽ pro změnu dostaly do rukou nacistů. Výroba oceli vystoupala v roce 1944 na 640 000 tun, ale následující rok poklesla na 270 000 tun. Investice se zaměřily na výstavbu slévárny oceli 2, dokončení koksárenských baterií, byla zahájena výstavba vysoké pece č. 5 a Elektrárny 2.

Po roce 1945 se železárny rychle rozvíjely. Zvláště změny postihly organizaci podniku, od znárodnění Báňské a hutní společnosti v letech 1945-1946 po vznik samostatného podniku Třinecké Železárny roku 1949.

Do roku 1965 produkce železáren značně rostla, např. výroba oceli ze 470 000 tun v roce 1946 na 2 300 000 tun v roce 1965. Od 60 let se začal klást důraz na efektivnost, inovace a exportní schopnosti výroby, jejíž objem se až do zahájení útlumu počátkem 90. let udržoval zhruba na stejné úrovni.

Od roku 1996 jsou TŽ zcela samostatnou akciovou společností, jejichž majoritním vlastníkem je akciová společnost Moravia Steel.

Třinecké železárny, a.s., patří k hutním podnikům s nejdelší výrobní tradicí v České republice.

V současné době vyrábějí v uzavřeném hutním cyklu zhruba 2,5 mil. tun oceli, což je více než jedna třetina její celkové produkce v republice. Hlavní výrobní portfolio tvoří dlouhé válcované výrobky válcovaný drát, betonářská a tvarová ocel, speciální tvarová ocel, kolejnice, široká ocel a hutní polotovary. Dalšími výrobky jsou koks, doprovodné produkty vznikající při jeho výrobě a umělé hutné kamenivo a granulovaná struska. Třinecké železářny jsou největší českou hutí s domácím kapitálem a také nejvýznamnější dceřinou společností MORAVIA STEEL a.s.

Do skupiny Třinecké železářny-Moravia Steel patří také firmy, které jsou součástí výrobních řetězců Třineckých železáren nebo jí poskytují služby. V rámci této skupiny mají Třinecké železářny ve dvaceti firmách majoritní postavení a v dalších devíti významnou kapitálovou účast. Skupina TMS byla v roce 2009 rozšířena o první zahraniční společnost, tažírnu drátu se zinkovou a mořirnou Metalurgia S.A. v Radomsku. Součástí skupiny se stala i zlínská Kovárna Viva a.s. Skupina tvoří jedno z předních průmyslových uskupení v české republice.

Výrobní kapacity skupiny TMS jsou umístěny v Třinci, Kladně, Starém Městě u Uherského Hradiště, Bohumíně, České Vsi u Jeseníku, Ostravě, Dobré u Frýdku-Místku, Kyjov, Prostějově, Zlín a polském Radomsku. [13]

STRUKTURA AKCIONÁŘŮ TŘINECKÉ ŽELEZÁRNY, a.s. [13]

MORAVIA STEEL	69,05%
CMC	11,00 %
FINITRADING	16,34 %
OSTATNÍ	3,61 %

6. Technologie výroby surového železa použitá v TŽ, a.s. Třinec

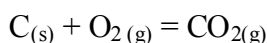
Názvem železo se označují nejen chemicky čistý prvek, ale i různé druhy technického železa. Technické železo obsahuje řadu prvků, které mění jeho vlastnosti. Tyto vlastnosti nejvíce ovlivňuje uhlík, jehož přítomnost do obsahu asi 2,14 % dovoluje železo (ocel) v zahřátém stavu tvářet. Železo s vyšším obsahem uhlíku tuto vlastnost ztrácí a je křehké jak za studena, tak i po zahřátí. Tyto slitiny železa s obsahem uhlíku okolo 4,5-5 % vyrobená ve vysoké peci, nazýváme surová železa.

Surové železo, litina, obsahuje řadu nežádoucích příměsí jako je uhlík C (3-5%), křemík Si a fosfor P. V menší míře přijímá i síru S, která je ale více zadržována v podobě sulfidu manganatého MnS ve strusce.

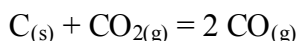
Během několika tisíciletí se výroba surového železa vyvinula do podoby dnes známé jako vysokopecní pochod.

Pod tímto pojmem se rozumí soubor velkého počtu různých dějů, které probíhají ve vsázkových surovinách během jejich zpracování ve vysoké peci (dále VP). Vysokopecní vsázka se skládá z paliva, železorudných surovin a struskotvorných přísad v takovém poměru, který zaručuje získání surového železa o žádaných chemických a fyzikálních vlastnostech. Účelem paliva je dodat do vysoké pece potřebné množství tepla a redukční látky, nauhličovat železo a vytvářet ve spodní části pece pevnou kostru, která usnadňuje proudění plynu vsázkou při teplotách, při kterých se rudné suroviny taví.[6]

Tímto palivem, které splňuje uvedené požadavky je černouhelný koks. Koks, který společně s ostatními surovinami putuje od sazebny do nístěje, se dostává do oxidačního prostoru před jednotlivými výfučnými, kde dochází k intenzivnímu hoření mezi uhlíkem koksu a kyslíkem obsaženým ve dmýchaného větru.



Protože je v nístěji přebytek uhlíku, je oxid uhličitý redukován na oxid uhelnatý a tento produkt ve vysoké peci má zásadní význam pro redukční oblasti vysoké pece.



Dmýchaný vítr obsahující také přirozenou vlhkost se často i záměrně vlhčí. Při reakci uhlíku koksu s vodní párou vzniká vedle oxidu uhelnatého také vodík, který se stává další složkou redukčního plynu.

K výraznému obohacování redukčního plynu vodíkem také dochází při injektování uhlovodíkových paliv do nístěje tryskami, umístěnými ve výfučnách. Náklady na koks činí přibližně jednu třetinu celkových nákladů na výrobu surového železa. [9] Injektováním uhlíkových paliv se nahrazuje část koksu a zvyšuje se redukční schopnosti plynů, ale nemůže koks zcela nahradit, který má v peci funkci „nosné kostry“ vysokopecní vsázky. Železorudná vsázka přináší do VP potřebné množství železa v podobě jeho oxidů nebo jiných sloučenin, které tyto oxidy obsahují. Hlavními složkami železorudné vsázky jsou aglomerát, pelety a kusová ruda. [12]

Za struskotvorné přísady považujeme bazické přísady (vápenec a dolomit), které vytvářejí během přechodu surového železa do tekuté fáze na jeho hladině strusku, která na sebe váže kyselé hlušinové složky rud a další nežádoucí příměsi.

Profil vysokých pecí v TŽ a jejich rozměry, zejména rozpor, jsou přizpůsobeny technologii procesu pro zpracování hlavně aglomerátu. V nístěji se hromadí surové železo a struska, které se periodicky vypouštějí příslušnými odpichovými otvory. Do horní části nístěje jsou zabudovány výfučny, kterými se do vysoké pece dmýchá horký vítr a případnými přidavnými palivy. Na nístěj navazuje sedlo, které má tvar komolého kužele s horní širší základnou. Tento tvar sedla zabezpečuje potřebný odklon žhavých plynových proudů z oxidačních prostorů od pecní vyzdívky, která by ji jinak předčasně zničila. Nejobjemnější částí vysoké pece je šachta, která má tvar komolého kužele. V ní probíhá predehřev surovin, rozklad uhličitánů, nepřímá redukce. Horní část pece končí bezzvonovou sazebnou a slouží k plnění pece vsázkou a k odvádění vysokopecních plynů z pece.

7. Úprava rud před zpracováním

V minulém století zaznamenaly rozvoj úpravnické procesy, které umožňují efektivně využívat i druhotné suroviny, které vznikají při zpracování těchto rud. Vývoj těchto procesů jednoznačně směřuje k maximalizaci využití rudných surovin formou různých peletizačních procesů či jiným tepelným zpracováním prachových rud. V současné době patří efektivní využití úpravnických procesů mezi zásadní ekonomické ukazatele všech výrobců surového železa. [11] Vzhledem k mnoha vlivům, které mohou narušit časový plán dodávek železné rudy do společnosti, musí být tato surovina objednávána s dostatečným předstihem.

Vsázka do vysokých pecí se skládá z rudy, struskotvorných přísad a paliva. Jako palivo se používá koks, který se obvykle vyrábí v místě v koksovnách. Prachová železná ruda může být ve vsázce do vysoké pece obsažena jen v určitém menším množství oproti rudě kusové. Protože prachové skupenství při těžbě železné rudy je drtivá většina, musí se proto zpracovat na rudu kusovou. Rudnou část vsázky je potřeba obvykle před přímým nasypáním do pece tepelně upravit. Tímto základním způsobem úprav je spékání čili aglomerace. (obr 1)

Zhruba od poloviny 20 století jsou nejběžnějšími způsoby úpravy rud aglomerace a peletizace. Pro aglomeraci se využívá železných rud zrnitosti pod 10mm. Peletizace zase dominuje u jemnozrnných koncentrátů zrnitosti pod 0,1 mm. Aglomerát tvoří kolem 70% vysokopecní vsázky, pelety asi 30%.

7.1 Peletizace

Peletizace je proces, který zahrnuje dvě operace: výrobu surových kulatých sbalků (viz obr. 7) žádaných rozměrů a následné zpevnění sbalků. Surové sbalky se vyrábějí sbalováním jemnozrnného koncentráту s optimálním přídatkem vody. Jejich následné zpevnění se dosáhne ohřevem na teplotu 1 250 až 1 300°C.

8. Rudná vsázka

Toto středisko je tvořeno aglomeračním a vysokopecním rudištěm.

8.1 Aglomerační rudiště

Aglomerační rudiště zajišťuje vykládku vagónů na čelních výklopnicích 5 – 8, vykládku surovin bagry na polních skladech a zakládání homogenizačních hromad prachových rud, které tvoří základní vsázku (homogenizovanou směs) pro výrobu aglomerátu.

Přísun prachových i kusových rud z železniční stanice Třinec do TŽ, je zabezpečován podnikovou vlečkou.

Suroviny z výklopníků č. 5 – 8 jsou transportovány systémem pásové dopravy a prostřednictvím zakladače ZPH 1200 ukládány v horizontálních vrstvách s možností snížení prašnosti vlhčením na 6 homogenizační skládek (dál jen HS) dle požadovaného chemického a materiálového složení. (viz obr. 26)

HS má kapacitu 600 kt, obsah železa v surovinách se pohybuje v rozmezí 47 – 50 %. Přes homogenizační skládku je ročně zpracováno asi 3,17 mil. tun hutních substrátů, tj. aglorud, koncentrátů, bazických přísad (dolomit, vápenec), druhotných kovonosných surovin (odprašky, kychtový prach, upravený vysokopecní kal, hrubé ocelářenské kaly, okuje, produkty mlýnice strusky popř. odpadní vápno z kyslíkové konvertorové ocelárny). Suroviny jsou vrstveny na homogenizační hromadu dle předem stanovených požadavků již zmíněnými dvěma zakladači.

Z HS je homogenizovaná směs odebírána do výroby korečkovými naběrači (viz obr. 28). Tyto velkostroje typu KN 200 odebírají materiál z hromad v šikmých řezech a odsunovými pásy jimi plní směskové zásobníky obou aglomerací.

HS plní několik funkcí: skladovací (představuje zásobu rudy na určité období), technologickou (je možné zpracovat najednou několik druhů rud, homogenizační (tyto rudy míchá, homogenizuje před dalším použitím, ekologickou (je možno v ní zpracovat některé kovonosné druhotné suroviny, kaly, úlety, některé druhy okují, které by nebylo možno nebo by bylo neekonomické samostatně zpracovat).

Homogenita rudné směsi není veličina, kterou by bylo možné kdykoli a okamžitě v průběhu tvorby hromady změřit. Homogenizační hromada se vytváří postupně v rozsahu několika týdnů a každý přídavek nového materiálu může znamenat změnu výsledného

chemického složení homogenity. Homogenitu je možné objektivně změřit, až ve fázi kdy je sypání hromady ukončeno a už se odebírá.

HS zrovnoměňuje v určitých mezích chemické složení materiálu a to tak, že tento je nasypáván v tenkých vrstvách a že se vrstvy různého materiálu střídají. Při střídání je potřeba zachovávat určitá pravidla, především střídat kvalitativně rozdílné materiály např. ruda a koncentrát, nebo ruda a vápenec. Je nutno také zachovávat pravidlo co nejtenčích vrstev (viz obr. 26).

8.2 Vysokopecní rudiště

Další část - vysokopecní rudiště slouží hlavně k uskladnění a dávkování potřebného množství aglomerátu, pelet, vápence a koksu zejména pro vysoké pece a přísad pro Aglomeraci č.1.

Suroviny pro vysoké pece (kromě aglomerátu) jsou zajišťovány zejména přes výklopníky č. 3 a 4.

Z výklopníků je klopen materiál a pásovou dopravou dopravován buď do Aglomerace 1, nebo přes skládkové mosty na úložiště do denních zásobníků a přebytky do „dep“ pod portálovými jeřáby. (viz obr. 27)

Z denních zásobníků jsou jednotlivé suroviny dávkovány vynášecími zařízeními dle určené „receptury“ do tzv. kbelíků na pojízdných vahách a tyto kbelíky jsou v soupravách pomocí železniční vlečky TŽ dopravovány k vysokým pecím.

Na vysokých pecích je vsázka kbelíkovými jeřáby vysypána do skipové jámy a skipovými výtahy je zavážena do vysokých pecí.

9. Agglomerace

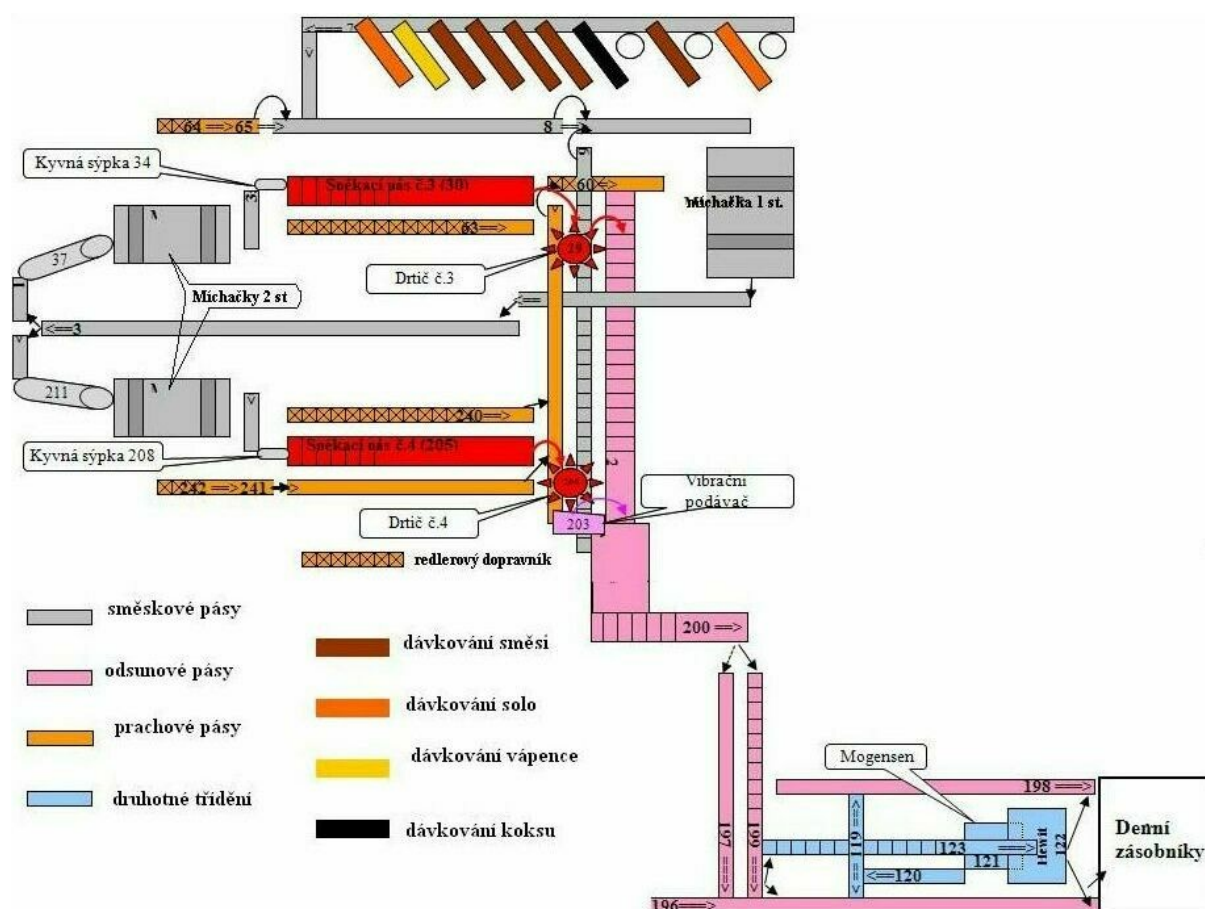
Aglomerace neboli spékání železných rud, je pyrometalurgický děj, kterým se mění struktura složení výchozích surovin a produktem je aglomerát. Při výrobě aglomerátu se zaměřujeme kromě kvantity i na jeho kvalitu a dodržováním optimálních technicko-ekonomických ukazatelů při jeho samotné výrobě. [4]

Železné rudy jsou používány hlavně pro výrobu surového železa, a to buď přímo v neupravené podobě jako kusové rudy nebo jako prachové rudy a koncentráty zkusově procesem aglomerace.

Do této části výroby patří dvě aglomerace Aglomerace č. 1 (dále jen A1) a Aglomerace č. 2 (dále jen A2). (viz obr. 6) (viz obr. č.33) Na obou aglomeracích se vyrábí spékáním prachových rud a přísad kusový aglomerát o požadovaném chemickém složení.

Aglomerační vsázka obsahuje směs rud, aditiv (vápenec) a některých druhotných surovin s obsahem železa z různých čistících procesů např. odprašení kyslíko-konvertorové ocelárny (dále KKO) kychtový prach apod. V TŽ se do této směsi přidávají i okuje z válcoven a sléváren. Další nezbytnou složkou vsázky do aglomerace je palivo v podobě mletého koksu. (viz obr. 12) Na přesném poměru těchto složek vsázky velmi záleží výsledné chemické složení aglomerátu a následně dobrá redukovatelnost železa ve vysoké peci.

9.1 Schéma aglomerace



Obr. č.33 - Schéma aglomerace

9.2 Účel spékacího procesu

Hlavním cílem této úpravy je spečení do kusů vhodných pro vsázku do vysoké pece a odstranění přebytných prvků ze železných rud. Aglomerace je vlastně chemický pochod za využití vysoké teploty, při němž dochází k natavení jednotlivých zrn rudné suroviny, které se slepí a spečou do větších pórovitých kusů (viz obr. 9), žádoucích pro prostup redukčních plynů ve vysoké peci. Dalším významným kladem je zvýšení obsahu zájmového kovu ve spečenci.

9.3 Popis zařízení

Aglomerace jsou v akciové společnosti TŽ výrobním střediskem, kdy produktem je rudný spečenec (aglomerát) sloužící především jako vsázka pro vysoké pece nebo bazická přísada do ocelárny.

Aglomerace mají po dvou spékacích pásech. Aglomerační vsázka, kterou tvoří homogenizovaná směs, připravené na 6-ti homogenizačních skládkách (HS) (viz obr. 26), bazické přísady, vratný materiál (aglomerát) a prachovým palivem v podobě mletého koksu, je, po následném předepsaném navlhčení a promíchání v míchačkách prvního a druhého stupně, dopravována pásovou dopravou přes dávkovací bubny na spékací pás. Takto připravená aglomerační směs je pomocí plynové tzv. zapalovací hlavy zapálena v povrchové vrstvě. Vlastní proces spékání spočívá ve vertikálním prohoření vrstvy aglosměsi s přísadami a palivem na roštu spékacího pásu. Dochází při něm k fyzikálním a chemickým přeměnám prachových složek na kusový spečenec, který slouží především jako vsázka pro VP. (viz obr. 9)

Základním výrobním agregátem jsou tedy čtyři spékací pásy: č. 1 a 2 na aglomeraci 1 (dále A1), spékací pásy č. 3 a 4 na aglomeraci 2 (dále A2). Každý o celkové, spodním tahem, odsávané ploše 75 m² se 16 odsávacími komorami a výškou spékané vrstvy 400 mm.

Součástí tohoto výrobního procesu jsou také další činnosti:

Na vstupní straně:

- klopení rud, přísad a druhotných surovin na vagónových výklopnících č. 3,4,5,6,7,8
- zakládání a homogenizace surovin na šesti homogenizačních skládkách
- rozmrazování surovin (především rud) v zimním období
- doprava homogenizovaných surovin do procesu aglomerace
- mletí paliva

Na výstupní straně:

- transport a navažování aglomerátu a kusových komponentů rud a přísad do VP
- transport odprašků z posledních sekcí elektrostatických odlučovačů prachu, (dále EO) z odsávání a čištění spalin všech aglomeračních pásů
- transport odprašků ze sekcí 1 – 3 aglomerace A2
- transport podsítného z druhotného třídění aglomerátu z A2 a odprašků z odprašování uzlů A2

9.4 Příprava aglomerační směsi

Nejprve jsou rudné komponenty (homogenizační směs) a korekční bazické přísady (mletý vápenec, dolomitický písek) pojízdnými pásy dopraveny do dávkovacích zásobníků. Prachový koks 0 – 10 mm je předtříděn na vibračním třídíči o velikosti ok 3 mm, zrno + 3 mm je domíláno na dvou válcových mlýnech na požadovanou zrnitost 0 – 3 mm.

V předepsaném hmotnostním poměru jsou rudné komponenty, bazické přísady (vápenec) (viz obr. 13) a mletý koks (viz obr. 12) ze zásobníků včetně teplého zpětného aglomerátu, propadu z aglomeračních pásů a kalů z kolektorového potrubí dopravovány jako vsázka do míchacího bubnu 1. stupně, kde se důkladně promíchá s cílem zmenšit podíl jemnozrnných částic a podstatně zvýšit prodyšnost směsi.

V míchačce probíhá tvorba zárodků mikrosbalků (viz obr. 14) nejvíce v blízkosti přívodu vlhčící kapaliny, kde je větší možnost vzniku provlhčených míst. Část míchacího zařízení, kde probíhá tento proces se nazývá zóna vzniku zárodků a zbytek zóna sbalování. V zóně sbalování nastává růst žádoucích mikrosbalků. Počáteční růst sbalků je způsoben shlukováním malých částic, ale další růst probíhá navrstvováním.

Tato směs ke správnému prohoření se míchá v míchačce 1 stupně vlhčí dle původní vlhkosti homogenizované směsi na hodnoty od 10 % do 60 %.

Následně se směs v míchačkách 2 stupně znova promíchá (viz obr. 15) a ve vrstvě 400 mm se sype na spékací pás. Ten je tvořen nekonečnou řadou 2,5 m širokých vozíků, jejichž dno tvoří litinové roštnice. (viz obr. 19). Aby se zamezilo nasávání falešného vzduchu, prostor pod spékacími vozíky je utěsněn. Zajímavostí je, že tyto vozíky, kvůli snadné výměně, nejsou nijak navzájem mezi sebou spojeny.

9.5 Vlastní spékání

Horní vrstva je zapálena vysoce výkonnými plynovými hořáky tzv. zapalovací hlavě (viz obr. 17) (přívodní potrubí vysokopecního plynu na Aglomeraci má průměr 300 mm.) (viz obr. 18) Vlivem spodního odsávání a podtlaku vytvářeného exhaustorem dochází na délce 30 m k postupnému vertikálnímu pomalému prohořívání vrstvy směsi a vlastnímu spékání prachových rud v kusový aglomerát. (viz obr. 19). O teplotách pod spékacím pásem, v jednotlivých komorách mají přehled paliči i obsluha velínu. (viz obr. 20).

9.6 Procesy probíhající při spékání

Probíhají tam mezi jinými tyto procesy:

1. spalování koksového prachu,
2. vytváření dutin a kanálků při spalování koksu a odpařování vlhkosti,
3. reakce mezi vzdušným kyslíkem a uhlíkem,
4. reakce mezi CaO a železnou rudou – hematitem,
5. tvorba sloučenin síry, vápníku s alkalickými chloridy se železnou rudou,
6. částečnou redukci oxidu železa na kovové železo při vysoké teplotě spékání,
7. vytváření pórovitých spečenců.

9.7 Zóny ve spékané vrstvě

Ve vrstvě spékacího pásu můžeme rozlišit několik zón:

zónu chlazení, zónu odpařování, sušení, zónu oxidace, zónu hoření nebo spékání, spojování jednotlivých zrn v plastickém pásmu, bod zážehu, zónu kondenzace vlhkosti, zónu chlazení spečence.

9.8 Úprava a transport aglomerátu

Hotový aglomerát se drtí, třídí a částečně zchlazen se ukládá do zásobníků.

Na aglomeraci A1 je spečenec drcen rotačními ježkovými drtiči na kusovost pod 200 mm a dále je na síťovém třídíči Hewitt oddělen zpětný aglomerát 0 – 6 mm, který se vrací do vsázky na aglomeraci. Nadsítný podíl + 60 mm je ocelovými dopravníky transportován do zásobníků nad vážicími vozy jako vsázka do VP.

Na aglomeraci A2 je nadsítný podíl aglomerátu z 1. stupně po odtrídění zpětného aglomerátu dále chlazen na chladícím pásu. (viz obr. 21), Další stupeň třídění je tvořen soustavou dvou třídíčů Hewitt, která odtrídí frakci 0 – 15 mm a třídíčem typu Mogensen, který oddělí zrnitost 0 – 4 mm. Tato frakce je pásy společně se záchytem z filtrů uzlů dopravena do vagónů a opětovně se prostřednictvím některého z výklopníku vrací na homogenizační skládku, a zpět do výroby. Nadsítné z obou třídíčů je dopraveno do expedičních zásobníků pro vysoké pece. (viz obr. 22)

9.9 Zpracování odprašků

9.9.1 Odprašení spalin

Během aglomeračního procesu na spékacím pásu probíhá řada chemických i metalurgických reakcí. Ty vedou při tvorbě aglomerátu také ke vzniku plyných a prachových zplodin hoření.

Tyto plyny odsávané krabicovým potrubím ze spodní části spékacího pásu po vyčištění od prachových částic ve velmi výkonných elektrostatických odlučovačích (viz obr. 24) vypouští z komína Aglomerace do volného prostoru. (viz obr. 30)

Odprašky elektrostatických odlučovačů spalin z A1 (1. až 2. sekce spékacích pásů) jsou dopravovány do míchačky 1. stupně, stejně jako kaly z LF uzlů. Odprašky ze 3. sekce spalin jsou transportovány turniketovými podavači do uzavřených kontejnerů a odváženy na víceúčelovou ekologickou plochu (dále VEP) a dále zpracovávány prostřednictvím střediska druhotné suroviny.

Na A1 jsou zařazeny za elektrostatické odlučovače ještě látkové filtry (dále jen LF). (viz obr. 31) S přidavkem páleného vápna které velmi významně omezují emise TZL (pod 20 mikrogramů / m²) a SO₂. Tento proces je charakterizován vysokou filtrační schopností protiproudě se pohybujících částic, obsahujících kromě CaCO₃ i volné CaO. Tyto částice

díky intenzivnímu styku s produkty spalování v tzv. reaktoru jsou schopny zachytit ze spalin některé kyseliny reagující složky, jako jsou SO_2 , Cl , F , i sloučeniny těžkých kovů.

Odprašky elektrostatických odlučovačů (dále jen EO) spalin z A2 (1. až 3. sekce spékacích pásů) (viz obr. 29) jsou dopravovány pneumatickou dopravou, k podstatnému snížení prašnosti vlhčeny, a jsou zakládány do homogenizační skládky.

V odprašcích ze 4. sekcí byly chemickými rozbory zjištěny nebezpečné látky, a proto jsou zachycovány v odděleném zásobníku a odváženy na VEP. [7]

9.9.2 Odprašení uzlů

Při každém přesypu horkého aglomerátu vzniká velmi velké množství prachových částic. Z těchto míst je tento prach odsáván a v elektrostatických odlučovačích filtrován a vypouštěn do atmosféry. Soubor těchto potrubí a filtrů nazýváme odprašení uzlů (viz obr. 23) Odprašky z EO uzlů jsou společně s malými podíly z druhotného třídění, jsou zpětně ukládány na homogenizační skládky. Jako EO spalin i tyto filtry pracují na elektrostatickém principu.

10. Výklopníky č. 3 – 4, výklopníky č. 5 – 8

Zde jsou vyklápěny vagóny s obsahem kusových rud, přísad a druhotných surovin určených jako vsázka do VP, dále je zde vyklápěno palivo a bazické přísady pro zásobování A1. Jde o čelní výklopníky s možností provozu bočně samovysypných vozů. Klopené suroviny mohou být dopravovány buď do zásobníků vsázky pro VP, rybníků nebo na A1. Pro zabezpečení hygienických podmínek obsluhy je v jámě výklopníků instalováno odsávací zařízení a vzdušina je čištěna v cyklonovém odlučovači.

Vagonové výklopníky č. 5 – 6 a č. 7 – 8 tvoří čtveřice čelních výklopníků, které jsou určeny především pro vykládku prachových rud, druhotných kovonosných surovin, recyklátů z vlastní produkce, bazických přísad a paliva pro A1 a A2, příp. i kusových rud pro vsázku do VP. Je na nich i část, na které je možno vyklápět suroviny i ze samovysypných vozů bez nutnosti použití čelního výklopníku.

Také na tomto zařízení, k zabezpečení adekvátních pracovních podmínek, je na pracovištích a v jámě výklopníků instalováno odsávací zařízení. Čištění veškerého odsávaného vzduchu zabezpečují látkové filtry.

11. Zásobníky vysokopecního rudiště (tzv. depa)

Pro navážení jednotlivých komponent do „kbelíků“ jako vsázky pro VP slouží 37 železobetonových čtyřhranných zásobníků o kapacitě přes 8 000 m³. Jsou plněny vyrobeným aglomerátem z A1 a A2, kusovými rudami, peletami a přísadami z výklopníků č. 3 – 4 příp. i z č. 5 - 8, pokud se právě žádaný substrát ve výklopnících nachází, v opačném případě se potřebné suroviny nakládají jeřábem z velkoobjemových zásobníků (dep).

11.1 Odsun aglomerátu na VP

Pojízdné váhy, které se pohybují pod zásobníky na kolejišti, slouží k přesnému dávkování jednotlivých vsázkových komponent do VP. Každá z dávkovacích nádob i vážní vůz je vybaveny systémem ASŘ pro neomylnou identifikaci jednotlivých dávkovacích nádob i každé ze složek VP vsázky.

Kbelíkové jeřáby v příčných halách provádí veškerou další manipulace s kbelíky, tj. přísun prázdných ze soupravy vagonů na pojízdné váhy a přesun plných z vážních vozů na soupravu, která je odváží na vysoké pece podnikovou vlečkou.

12. Rozmrazovna rud

V zimním období vzniká potřeba rozmrazovat suroviny na železničních vagónech. Tento proces probíhá ve 3 tunelech rozmrazovny, které jsou vytápěny zplodinami hoření plynu přiváděnými zdola. Haly pojmu 13 – 18 vagónů podle velikosti vozu. Každý tunel má samostatný zdroj tepla spalující směsný vysokopecní plyn. Jelikož do tunelů je pro podstatu ohřevu zakázán přístup (v prostoru není dýchatelná atmosféra) dojezd vagónů je řešen dotekem a následným uzemněním přes kovovou hmotu prvního vozu na izolovaně zavěšené lanko. Toto je následně signalizováno strojvůdci prostřednictvím semaforu. Maximální povolená teplota spalin pro ohřev horní části vagónů je 100 °C, pro dolní část 60 °C. Při vyšší teplotě by degradovalo mazivo v ložiskách a poškozoval by se brzdový systém vagónů.

13. Polní sklady – Baliny

Jedná se o venkovní sklady, kde se ukládají přebytky surovin z důvodu nepravidelného přísunu, nebo suroviny, které nejsou potřebné z titulu jejich založení do HS, např. prachový koks, kusový koks, dolomitický vápenec a jiné. Kapacita těchto polních skladů se v poslední době podstatně snížila v důsledku výstavby průmyslové zóny. Přisun surovin je zajišťován zejména kolejovou dopravou nebo nákladními auty. Vlastní manipulace se surovinami je prováděna pomocí rypadel.

14. Výrobní kapacity

Třinecké Železářny a.s. disponují na vstupu celého výrobního procesu těmito výrobními kapacitami :

Aglomerace A1 a A2 jsou schopny vyrobit 3000 kt/rok aglomerátu, výklopníky

č. 5 – 8 vysypou 10 – 12 vagónů/h to je asi 4500 kt/rok vstupních surovin,

homogenizační skládky zvládají uskladnit 6 x 100 000 t homogenizované směsi

a rozmrazovny rud jsou schopny rozmrazit v zimním období 3 x 650 t –asi 1,95 kt během jednoho dne. Výklopníky č. 3 – 4 jsou schopny vyložit 4 – 5 vagónů/h, to je 2100 kt/rok a

zásobníky přepošlou ve svých 37 zásobnících o celkovém objemu 8 000 m³ surovin pro VP.

Polní sklad Baliny je skladová rezerva, která je využívána na uskladnění okamžitých přebytků surovin a paliv pro potřeby celé a.s.[2]

15. Surovinová základna TŽ

Rudné suroviny na výrobu surového železa, které jsou dováženy do TŽ, a.s. můžeme rozdělit na:

- rudy, pelety a koncentráty z Ukrajiny,
- koncentráty z Ruska.

Rudy, pelety a koncentráty z Ukrajiny pocházejí z oblasti Záporožské, Ingulecké, Krivoj Rog, Jugok, Sevgok, Cegok, Poltava.

Koncentráty z Ruska se dovážejí z oblasti Lebedinské, Stojlenské.

Koks pro vysoké pece a aglomerace je dodáván asi ze 40- 60 % z vlastní koksovny, zbylá část převážně z Polska.

Dolomitický písek a vápenec se dováží ze Slovenska a z Moravy. Slovenské lokality jsou Varín, Mnichova Lehota, Vitošov, Čachtice a Rájec. Domácí lokalita je Štramberk. [14]

Samotná aglomerace je významným zdrojem znečišťování ovzduší, (viz obr. 30) která se podílí na celkových emisích TŽ, a.s. přibližně:

- cca 45,1 % TZL
- cca 72,1 % NO₂
- cca 76,8 % CO
- cca 88 % SO₂

16. Některé problémy při výrobě aglomerátu

1. Nedostatečné míchání směsi podávané na spékací pás,
2. Vzorkování aglosměsi
3. Systém dvojího dávkování směsi na spékací pás
4. Přesnost namíchání jednotlivých složek
5. Možnost recyklace a recirkulace spalin
6. Intenzifikace aglomeračního procesu vápnem.

16.1 Nedostatečné míchání směsi podávané na spékací pás

Nedostatečným promícháním aglomerační směsi vzniká rozdíl v chemickém složení aglomerátu mezi jednotlivými spékacími pásy. Na výstupu z míchačky 1. stupně dochází k nežádoucí segregaci materiálu – na jednu polovinu odsunového pásu se sype hrubší materiál a na druhou polovinu se sype jemnější materiál. Konstruktivním uspořádáním aglomerace se tyto podíly oddělují a putují odděleně na spékací pásy 3 a 4. Z tohoto důvodu jsou také měřeny rozdílné hodnoty teplot v odsávacích komorách pod spékacími pásy, které signalizují nerovnoměrnost vlastního procesu spékání.

Nabízí se řešení použité v železárnách skupiny Voestalpine Stahl GmbH v Linci. -intenzivní míchací stupeň:

První stupeň míchání vertikální mísiče typu EIRICH, nebo horizontální mísiče ZETTL. Tyto mísiče provedou důkladné promíchání surovin a vytvoří se stabilní směs. Přídavek vody do procesu by byl cca 2/3 celkového množství.

Ve druhém stupni míchání navrhuji ponechat horizontální granulační buben, podobný současným míchačkám (menší průměr, delší). Probíhá tam také dovlhčení připravené směsi cca 1/3, intenzivnější tvorba mikrosbalků, (viz obr. 14) čímž by směs byla více průdyšná a tím vhodnější ke spékání.

16.2 Možnosti ve vzorkování aglosměsi

Současná metoda vzorkování aglomerátu spočívá v ručním odběru cca 90 kg vzorku na odsunových pásech obou aglomerací ve dvouhodinových intervalech. Takto odebraný vzorek je dále zpracováván mletím, drcením a kvartováním na analytický vzorek. Upravený vzorek je následně vzduchovou poštou zaslán na rozbor do chemické laboratoře. Současné množství odebíraného vzorku je příliš nízké a do odebraného vzorku se nedostává cele granulometrické spektrum. Hlavním rizikem je nesoulad mezi výsledky analýz vzorku aglomerátu a skutečnou bazicitou zapříčiněná mezi jinými i lidským činitelem

Bazicita, která je hlavním kritériem kvality aglomerátu, a je vyjádřena vztahem

$$P_2 = \text{CaO/SiO}_2$$

Výsledky chemické analýzy jsou zaslány operátorům na velín příslušné aglomerace a vysoké pece, kteří následně provádí korekce dávkovaných surovin. Tento výsledek je však znám s časovým zpožděním dvou až čtyř hodin po odběru vzorku.

Jako nová a progresivní se jeví metoda vzorkování aglomerační směsi pomocí zařízení zvaného GEOSCAN-M. (viz obr. 25) Jedná se o zařízení pracující na principu neutronové aktivační analýzy. Tato metoda poskytuje aktivní kontrolu a v reálném čase elementární analýzu chemického složení aglomerační směsi určené pro spékací proces. Přístroj by byl instalován nad gumový pásový dopravník a průběžně monitoroval tok materiálu bez nutnosti rutinního odběru vzorků pro následnou analýzu. GEOSCAN poskytuje informaci, která je aktualizovanou každé dvě minuty, i průměry pro danou hodinu. Zdrojem záření je radioaktivní Kalifornium Cf_{252} . Tento zdroj je umístěn těsně pod dopravním pásem umístěným za míchacím bubnem I^0 . Emituje neutrony, které jsou pohlceny jádru prvků ve vsázkovém materiálu na tomto pásu. Jádra prvků se následně vybudí a emitují gama záření, které je zachyceno na čtyřech BGO detektorech umístěných nad dopravním pásem. Na základě výsledků těchto hodnot je provedena korekce dávkování surovin. Stávající vzorkování aglomerátu by sloužilo pro určení obsahu FeO v aglomerátu a případnou korekci dávkování surovin. Pro toto ověření pak stačí odebrat pouze jeden vzorek za směnu z každé aglomerace. [2]

16.3 Dávkování materiálu na spékací pás

Při systému dvojího dávkování směsi na spékací pás by se docílilo: základní vrstva, roštovina, první vrstva, hrubší zrno s menším obsahem koksu, druhá vrstva, jemné zrno s větším obsahem koksu.

Očekávaný přínos: ochrana roštnic proti zvýšené teplotě, mechanickému opotřebení, zachycení drobných nečistot, a docílení menšího propadu materiálu. [2]

16.4 Přesnost namíchání jednotlivých složek

Dříve používané talířové podavače (viz obr. 10), jsou pouze ručně přestavitelné: prstenec zásobníku určuje množství směsi, které se vysypává na sběrný pás vážení, se uskutečňuje ručně. (obsluha nahodila na pás obdélníkové plechy s 5 cm okrajem a musela po projetí pod podavačem rychle je vzít zpět, ručně zvážit na váze a hmotnost hlásit na velín.

V současnosti na Aglomeraci 2. je poměrové dávkování realizováno pomocí 6 pásových vah:

- 2 ks směs rud
- 2 ks koks
- 2 ks dolomit

Pohon těchto vah obstarává stejnosměrný komutátorový motor s odděleným buzením. Chlazení je pro všechny váhy společné jedním ventilátorem a rozvodem chladicího vzduchu s ohledem i na prašnost provozu a velmi malé otáčky vlastního motoru. Zpětná vazba je získávána z tachodynamy mechanicky spojeného s hřídelem motoru. Regulace rychlosti je analogová z tyristorového regulátoru typu IRO.

Tyto pásové váhy jsou již konstrukčně zastaralé a i přes důkladnou údržbu se není možno vyhnout velmi častému seřizování (pro udržení přesnosti alespoň na 5% je třeba po 10 dnech váhu zkalibrovat.

Návrh možného řešení:

Montáží nových vah typu na staré nepoužívané zásobníky na Aglomeraci č. 2 se dosáhne maximalizaci využití stávajících kapacit dávno nepoužívaných zásobníků. (viz obr. 11) Jednotlivé nové vážní podavače typu Schenk mají přesnost do 1%. Na páse č. 65 je nutno

namontovat součtovou váhu typu B.E.P. Bude to mít za následek zrovnoměnění směsných komponent na sběrném pásu, korekční přísady budou přesněji navažovány, taktéž i palivo v podobě mletého koksu. Tímto se docílí zejména úspora již zmíněného paliva. [2]

16.5 Recirkulace odpadních plynů

Pokud by nebyla výrazně ovlivněna jakost aglomerátu, bylo by možno využít zejména:

- recirkulace části spalinových plynů z prosávané plochy aglomeračního pásu
- recirkulace odpadních plynů z uzlů (přesypů)

Rekuperace vznikajícího značného množství tepla:

- teplo z chladícího pásu aglomerátu lze rekuperovat
- lze také uskutečnit rekuperaci i ze spalinových plynů z aglomeračního pásu.

Využití tepla z části spékacího procesu, nasávání teplého vzduchu (místo studeného okolního vzduchu) docílila by se úspora paliva, snížení CO, a byl by potřebný jen menší tkaninový filtr, protože část spalin by se vracela do oběhu vzdušiny. [2]

Část tohoto množství tepla, pokud by to zejména dispoziční požadavky dovolily, by bylo možno také využít v zimním období na předehřev zmrzlých surovin v rozmrazovnách. To by ale vyžadovalo značné investice

16.6 Intenzifikace aglomeračního procesu vápnem

Výrobnost spékacího zařízení závisí významnou měrou na vertikální rychlosti spékání.

Zvýšení této rychlosti je možno, v určitých mezích, dosáhnout přidávkem vápna. Jedním z hlavních důvodů přidávání vápna do aglomerační vsázky je rozšířena možnost zpracování jemných rudných koncentrátů, zlepšení prodyšnosti spékané vrstvy a tím zvýšení rychlosti spékání se současným žádoucím zvýšením výrobnosti aglomeračního zařízení. Dalo by se říct, že vápno v tomto případě působí jako intenzifikátor aglomeračního procesu.

Intenzifikační účinky vápna na aglomerační proces je možno vysvětlit následovně: Přísada vápna do vsázky zlepšuje zhutnění vrstvy směsi, pojivost, teplotu měknutí i tání. Zlepšením těchto vlastností se významně zkracuje doba spékání a roste tím výkon zařízení.

Drobné prachové částice ve vsázce jsou příčinou zhoršení prodyšnosti spékané vrstvy. Přídavek vápna ve formě CaO způsobuje značné zlepšení prostupnosti plynů spékanou vrstvou. Toto zlepšení je způsobeno přechodem CaO na hydroxid vápenatý $\text{Ca}(\text{OH})_2$, který má velmi dobré vazní vlastnosti. Přídavek CaO způsobuje snížení teploty měknutí a tání některých složek směsi, takže spékání probíhá za nižších teplot při současné úspoře paliva. Současně se při výše uvedené reakci uvolňuje nezanedbatelné množství tepla, což způsobuje přehřátí vsázky. Při pokusech v bývalém východním bloku způsoboval přídavek 55 kg vápna na 1 t aglomerátu zvýšení teploty vsázky z 19 °C na 43 °C. [12]. Intenzifikační schopnost přidávaného vápna je způsobena jeho katalytickou aktivitou při hoření koksu ve spékané vrstvě. Významně zvyšuje reakční schopnost koksu, zvyšuje rychlost hoření a podstatně snižuje teplotu vznícení koksu z hodnoty přes 500 °C na 380 °C.

Kvalita aglomerátu velmi úzce souvisí se složením aglomerační vsázky. Přídavek CaO pozitivně ovlivňuje pevnost a redukovatelnost aglomerátu. [5] Optimální metalurgické vlastnosti má zásaditý aglomerát, kde základní pojivovou složkou je převážně ferit, který je dostatečně pevný a dobře redukovatelný. Podle [12] je nejvíce pevný aglomerát, když přídavné CaO je v rozsahu 2,2-5,7 % ve vsázce. Z mineralogického rozboru tohoto aglomerátu vyplývá, že ze zvyšování zásaditosti přibývají v mikrostruktuře aglomerátu postupně ferity vápníku na úkor hematitu a magnetitu a tím jsou dostatečně pevné a dobře redukovatelné.

17. Závěr

Současná situace na trhu s ocelí, a zejména zvyšující se konkurence hutních podniků u nás i ve světě, nedovoluje zveřejňování podrobných informací týkajících se cen meziproduktů, ke kterým aglomerát patří, nebo náklady na jeho výrobu. Třinecké Železářny se trvale zabývají v rámci optimalizace výrobních procesů i metodami, jak redukovat náklady v celé technologii. Hospodárnost výroby surového železa ve VP závisí na výrobnosti vysoké pece (množství surového Fe vyrobeného za jednotku času) a od spotřeby paliva na 1 t surového Fe. Na výrobní náklady má největší vliv spotřeba paliva, kterého bude vždy nedostatek a jeho výrobní cena není malá. Spotřeba paliva je ovlivňována obsahem Fe v rudě. Zvyšováním obsahu železa klesá specifická spotřeba koksu v závislosti na povaze hlušiny. Obohacováním rud se sice zvyšují náklady na vsázku, resp. na 1% Fe v ní, ale zvýšení výrobnosti vysoké pece a snížení spotřeby koksu přináší úspory, které převyšuje náklady na obohacování rud, úpravu jejich kusovosti a zprůměrnění chemického složení rud.

Železné rudy dovážené do hutního závodu nemají stejné chemické složení ani tehdy, jestliže ruda pochází z téhož naleziště ze stejné vrstvy. Kolísání obsahu Fe v denních zásilkách rudy může dosahovat v obou směrech 5%,.

Zpracování rud s měnícím se chemickým složením má za následek změny chemického složení surového železa, změny teplotních poměrů v nístěje vysoké pece a v konečném důsledku i nerovnoměrný chod vysoké pece. Zajištění vsázky s minimálním kolísáním obsahu Fe a SiO₂ je jednou z podmínek dosažení dobrých ekonomických ukazatelů práce vysoké pece. Výzkum vlivu homogenizace na ukazatele vysokopecní tavby ukázal, že snížení kolísání obsahu Fe v aglomerátu vede ke zvýšení výroby surového Fe o 14,5%, ke snížení spotřeby koksu o 5% a snížení vlastních nákladů na výrobu surového Fe o 4%.

I když v této bakalářské práci nebylo možno posuzovat všechny aspekty problematiky, navrhovaná řešení obsažená v této práci mohou sloužit jako podklady pro posouzení z investičně - ekonomického hlediska i pro nemalý ekologický přínos. Tyto postupy by mohly být z ekonomického pohledu atraktivní, protože se zejména sníží spotřeba energie.

Je zřejmé, že popisované technologické úpravy zařízení na obou Aglomeracích by měla pozitivní vliv na snížení úrovně prašnosti nejen na pracovišti ale i v celé jablunkovské kotlině. Snížení výskytu emisí TZL má pro TŽ velký význam, nejen respektováním stanovených emisních limitů, tak následnými úsporami při menších platbách za nadměrnou produkci emisí.

18. Použité zdroje

- [1] BOTHE Otakar: *Strojírenská technologie*, 1997
- [12] BERNŠTEJN, R.S.: *Povyšení efektivity aglomerací*, Moskva, Metalurgija, 1979
- [7] KABÁT J, *Chemické aglomerační procesy ovlivňující účinnost elektrických odlučovačů*, 2002, Organizace: Enven a.s. Firemní článek, dostupné na: <http://www.tzb-info.cz/1290>
- [3] <http://is.fs.cz/el/leto2005/BK.../MU>
- [8] http://www.museum.mineral.cz/mineraly/ucebnice/system_min/s_4955.php
- [9] <http://www.hz.cz/cz/prosincova-knihovna>
- [2] Interní dokumenty TŽ, a.s.
- [4] <http://hdl.handle.net/10084/39211>
- [5] MRÓZ J., SKOWRONEK R & FRANCIK, P. Influence of sintering blend basicity and the return sinter fines addition on time of iron ores sintering, International Scientific Conference Iron and Steelmaking, Malenovice. 2008,
- [11] Překlad referenčního dokumentu *HS / EIPPCB / I & S BREF-FINAL*, Překlad pro MPO ČR zpracovalo Hutnictví železa, a.s., Praha, prosinec 2001
- [6] www.vyrobazeleza.wz.cz
- [10] JAMES HUGHES, *Všeobecná encyklopedie*, nakladatelství Václav Svojtka, ISBN 80-7237-256-4
- [13] Výroční zprávy TŽ, a.s. 2010
- [14] Aglomerace: Provozní výsledky nového aglomeračního závodu : Určeno pro provoz inženýry a techniky, S. I. Eliasberg, Knižnice hutního průmyslu, SNTL, 1953, 50 s
- [15] MIROSLAV MAKARIUS, překlad OLDŘICH PETRÁŠ, *Výroba surového železa I*, Edícia hutníckej literatúry, Svazek 1, SVTL, 1962
- [16] PAVEL SCHIER, *Výroba železa a oceli*, České vysoké učení technické v Praze, Státní nakladatelství učebnic, 1951, 49s
- [17] LUDVÍK BROŽ, *Teoretické základy výroby železa: Učebnice pro hutnické fakulty*, SNTL, 1975, 2 vydání, 404s
- [18] VLASTISLAV HAUFNER, *Ekonomická geografie Československa*, Academia, 1978, Zdroj originálu: Michiganská univerzita, 685s

[20] V.A.KULIBIN, *Úprava rud pro vysoké pece*, Určeno inž. a technikům v hutích, SNTL, 1955, 461s

[21] CANADIAN INSTITUTE OF MINING AND METALLURGY, MINING SOCIETY
Transactions of the Canadian Institute of Mining and Metallurgy and the Mining Society of Nova Scotia, Candian Institute of Mining and Metallurgy., 1961,originál Wisconsinská univerzita – Madison , Svazek 64

[22] DERRICK FRANK BALL, Agglomeration of iron ores, American Elsevier Pub. Co., 1973, 388S,ISBN 0444195572, 9780444195579

Seznam zkratek

TZL	tuhé znečišťující látky
TŽ	Třinecké Železářny
KKO	kyslíkovokonvertorová ocelárna
ASŘ	automatizovaný systém řízení
VEP	víceúčelová ekologická plocha
HS	homogenizační skládka
EO	elektrostatický odlučovač
LF	látkový filtr
SP	spékací pás
VP	vysoká pec
apod.	a podobně
např.	například
sp.p.	spékací pás



Obr.1 -Ukázka železitého meteoritu



Obr.2 -hematit[8]



Obr.3- magnetit[8]



Obr. 4- limonit[8]



Obr. 5- siderit[8]



Obr. 6- Závod aglomerace



Obr. 7 – Pelety



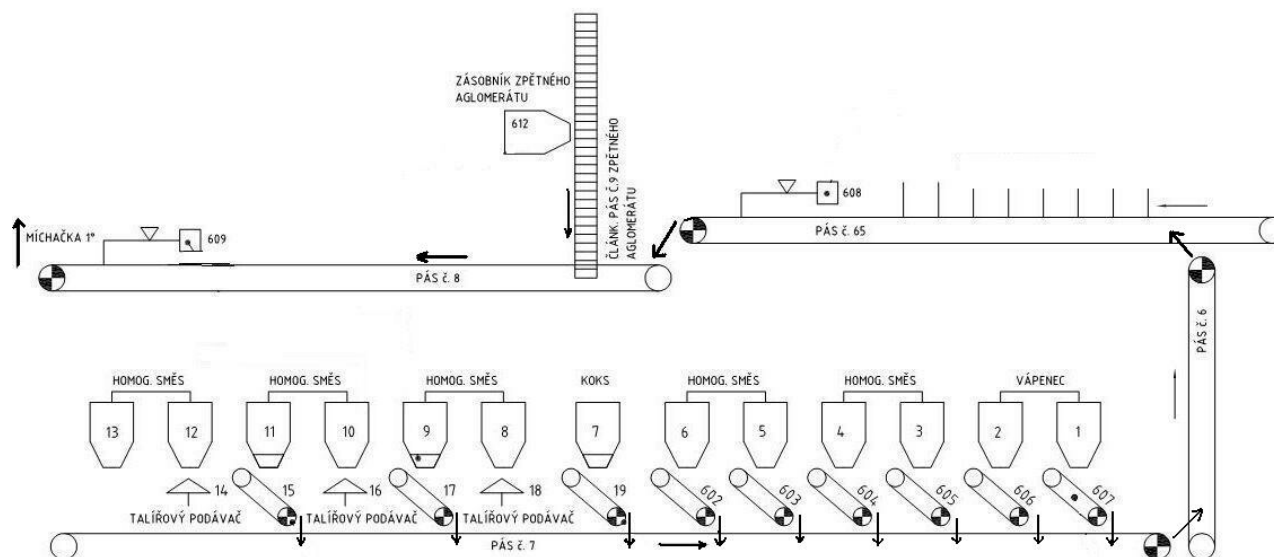
Obr. 8 – Výsledný produkt -aglomerát



Obr. 9 Výsledný produkt – aglomerát-spečenec



Obr. 10 Talířový podavač starého typu



Obr. 11- Navrhovaný nový způsob míchání směsi



Obr. 12 – Váha mletého koksu



Obr. 13 – Váha korekčního vápence



Obr. 14 – Provlhčená směs v zásobníku před mícháním v 2. stupni (je vidět žádoucí tvoření mikrosbalků)



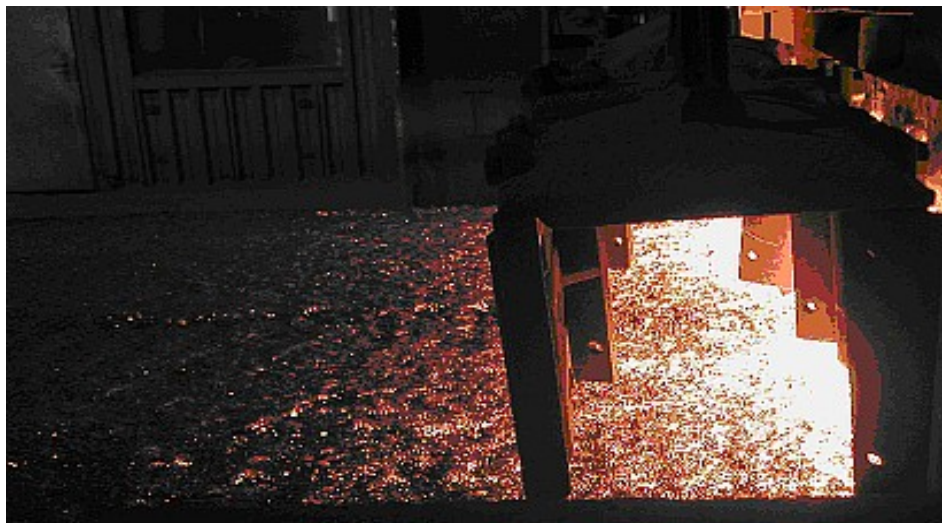
Obr. 15 – Jedna z míchaček 2. stupně (je zřejmá velká prašnost na provozu)



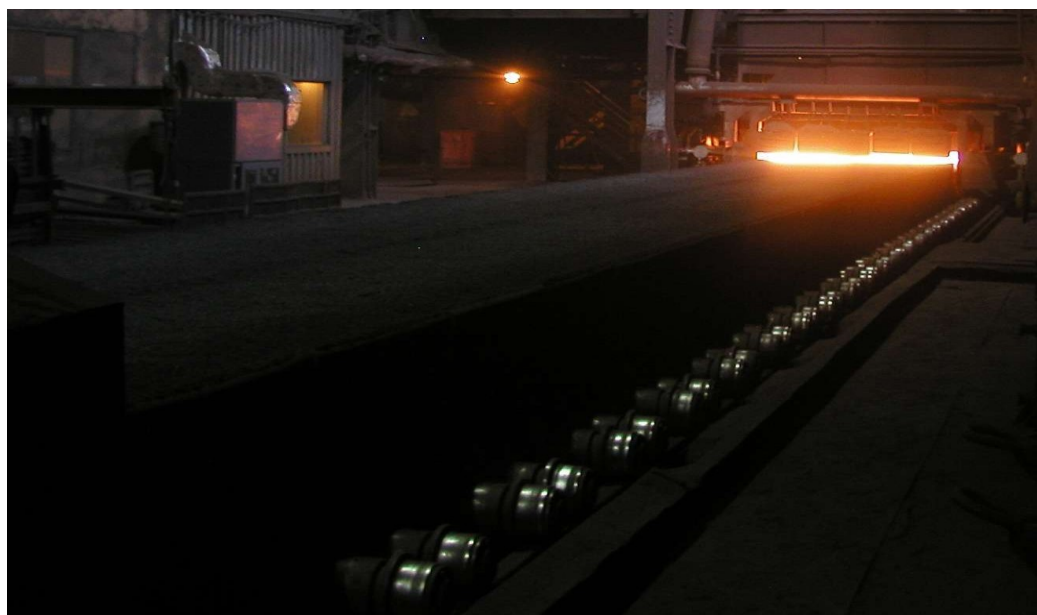
Obr.16 –Spékací pás – roštnice



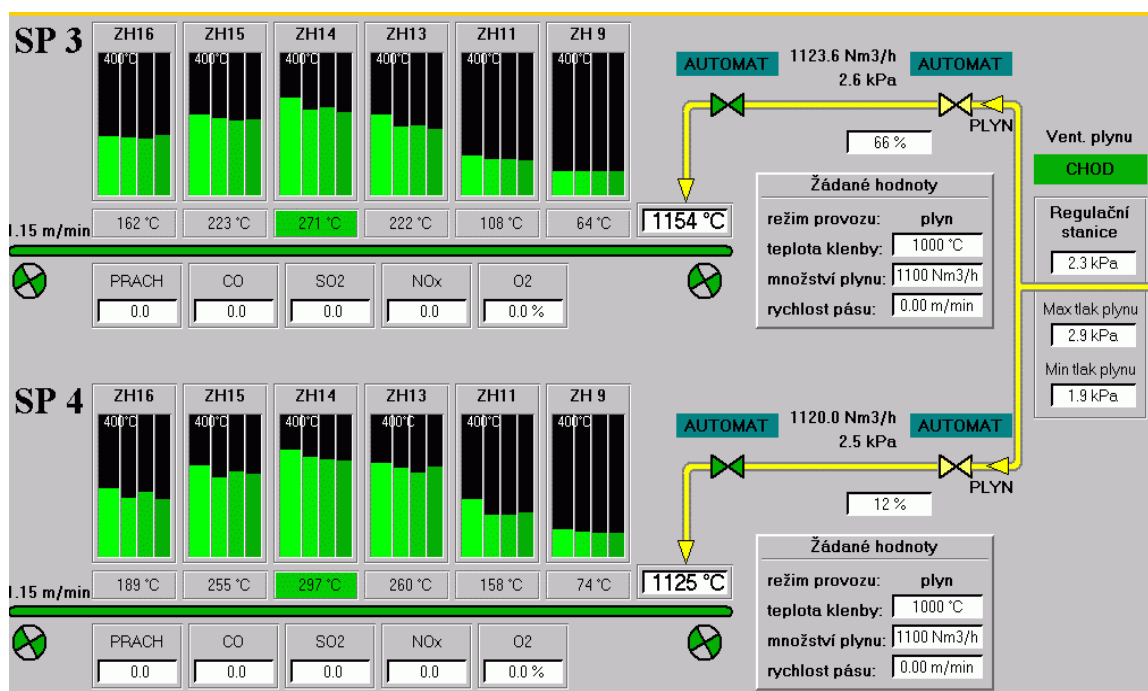
obr.17 – Zapalovací hlava je polského typu IMŽ.



Obr.18 -Zapálená směs těsně za „hlavou“



Obr. 19 – Spékací pás



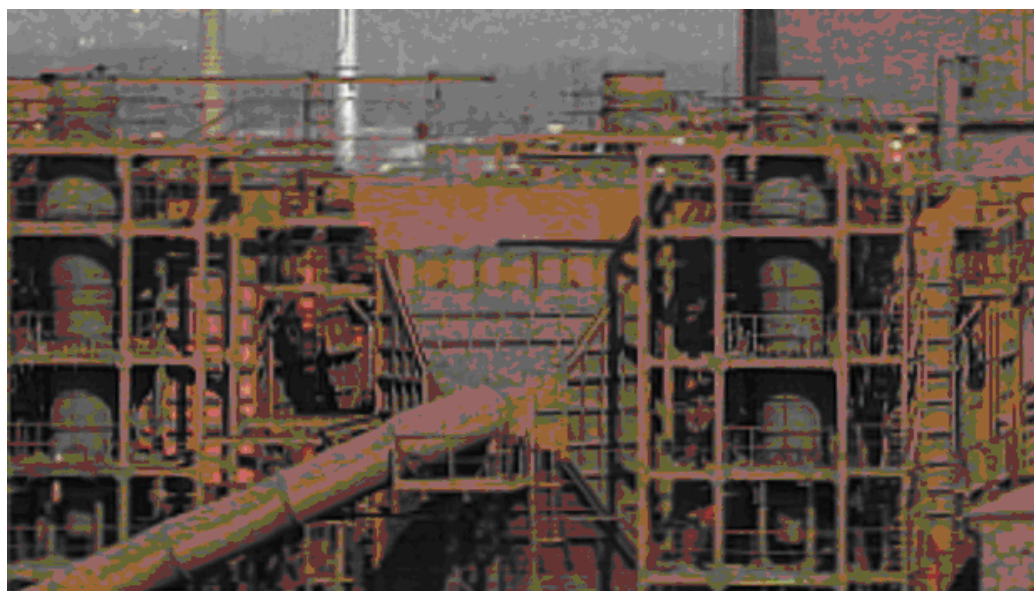
Obr.20 - Jedna z technologických obrazovek na velínu aglomerace: rozložení teplot spalín na zapalovací hlavě a v zejména v jednotlivých komorách krabicevého potrubí. Je také zobrazena momentální spotřeba plynu a také chod regulační stanice plynu.



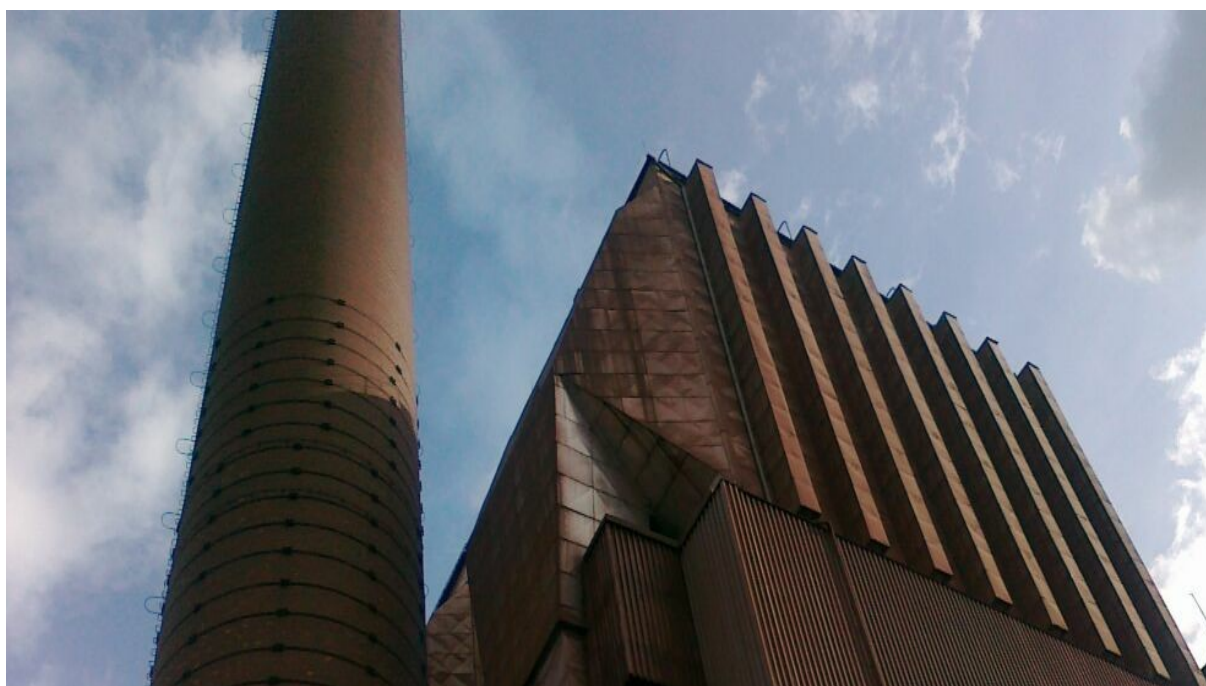
Obr. 21 – chladicí pás



Obr. 22 -Ještě horký aglomerát putuje do expedičních zásobníků



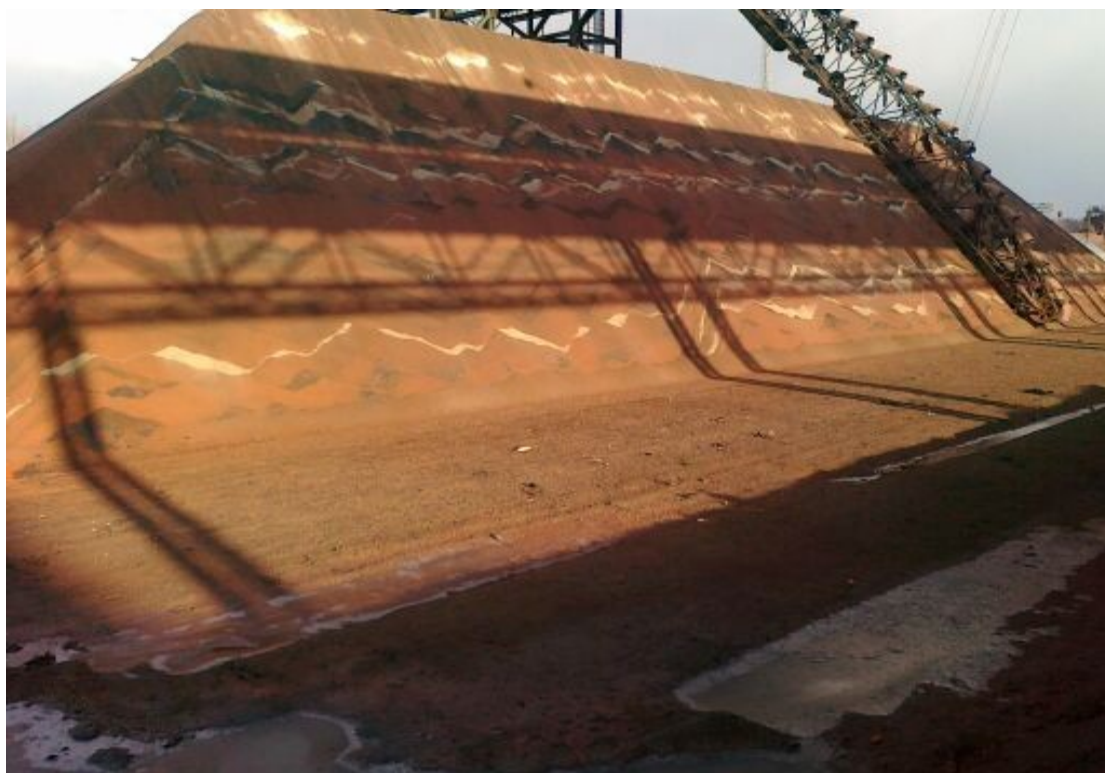
Obr. 23 – Filtry odprášení uzlů



Obr 24 – Spékací pásy jsou vybaveny elektrostatickými odlučovači prachu.



Obr 25- Geoskan



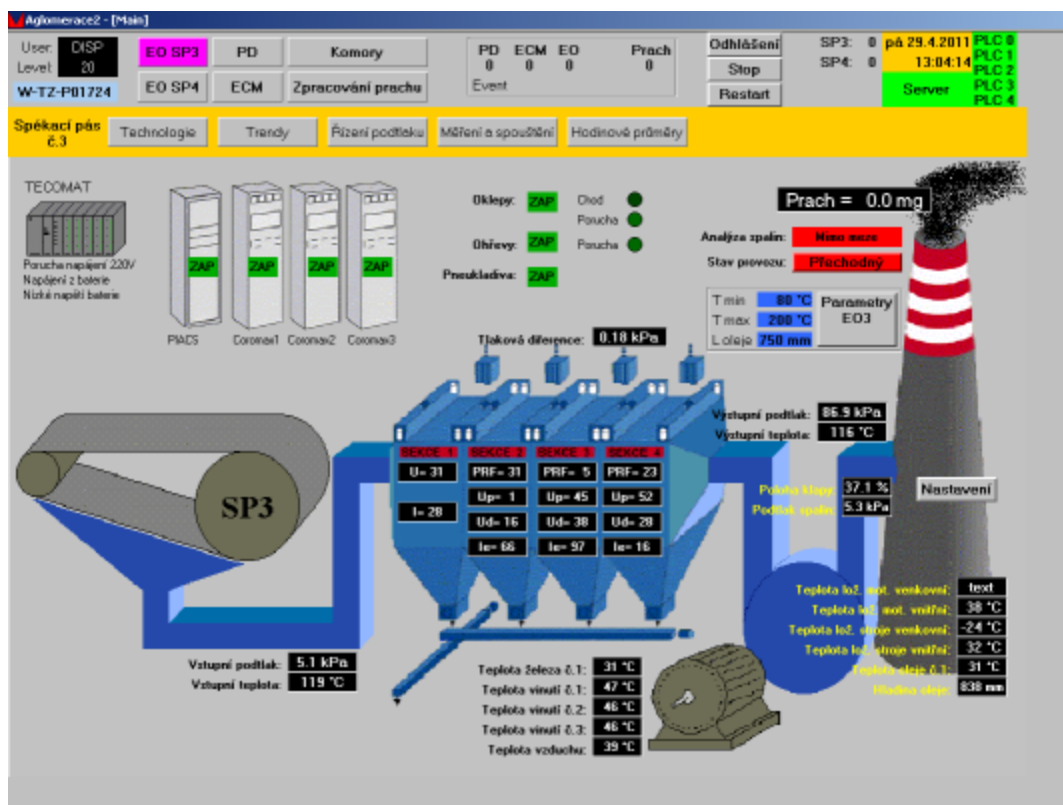
Obr.26 Homogenizační skládka (je patrné vrstvení zakládaného materiálu)



Obr. 27 - Depa VP rudišť



Obr. 28- Korečkový naběrač 2 v pozadí zakladač 2



Obr. 29 - Cesty spalin na A2



Obr.30- Emise TZL z A2



Obr.31 - LF spalin na A1